

References

- Sanakulov K. S. Navoi Mining and Metallurgy Combinat—the leader of the mining sector in Uzbekistan. *Gornyi vestnik Uzbekistana*. 2018. No. 4(75). pp. 8–13.
- Sanakulov K., Tagaev I. Possibility to use bacteria for processing of mineralized mass of the Muruntau pit and the gold plant tailings. *Tsvetnyye Metally*. 2020. No. 2. pp. 5–11. DOI: 10.17580/tsm.2020.02.01
- Iuldoshev U. U. Expansion of deep open pit mine Muruntau in new limits of phase V. *Gornyi vestnik Uzbekistana*. 2016. No. 1(64). pp. 22–25.
- Rudnev S. V., Ravshanov A. F., Silkin A. A., Seleznev A. V., Urzhumov A. G. Advanced scientific-and-engineering solutions and design choices in development of Zarafshan gold mining facilities. *Gornyi Zhurnal*. 2017. No. 1. Special issue. pp. 11–15.
- Ravshanov A. F., Silkin A. A., Seleznev A. V. Evaluation of mining and transport equipment fleet for phase IV–V transition at Muruntau–Myutenbai open pit mine. *Gornyi Zhurnal*. 2018. No. 9. pp. 90–96. DOI: 10.17580/gzh.2018.09.15
- Iuldoshev U. U. Opencast/underground access to deep levels at Muruntau open pit mine. *Gornyi Zhurnal*. 2018. No. 9. pp. 33–37. DOI: 10.17580/gzh.2018.09.02
- Chekushina T. V., Vorobev K. A. Optimization of the contour of careers with the use of innovative technologies in the computer program "NPV Scheduler and Datamine-Studio 3". *Vestnik evraziyskoy nauki*. 2018. Vol. 10, No. 1.
- Melik-Gaikazov I. V., Danilkin A. A. Basic aspects of deep open pit mine creation at the Kovdor Mining and Processing Plant. *Gornoe delo*. 2015. No. 1(3). pp. 15–22.
- Jélvez E., Morales N., Nancel-Penard P., Peypouquet J., Reyes P. Aggregation heuristic for the open-pit block scheduling problem. *European Journal of Operational Research*. 2016. Vol. 249, Iss. 3. pp. 1169–1177.
- Cheban A. Yu., Sekisov G. V., Khrunina N. P., Shemyakin S. A. Upgrading continuous and cyclic excavation and transportation during open-pit mining. *Eurasian Mining*. 2014. No. 1. pp. 22–24.
- Rybin V. V., Konstantinov K. N., Kalyuzhny A. S. Integrated approach to slope stability estimation in deep open pit mines. *Eurasian Mining*. 2019. No. 2. pp. 23–26. DOI: 10.17580/em.2019.02.05
- Samavati M., Essam D., Nehring M., Sarker R. A local branching heuristic for the open pit mine production scheduling problem. *European Journal of Operational Research*. 2017. Vol. 257, Iss. 1. pp. 261–271.
- Lamghari A., Dimitrakopoulos R. Network-flow based algorithms for scheduling production in multi-processor open-pit mines accounting for metal uncertainty. *European Journal of Operational Research*. 2016. Vol. 250, Iss. 1. pp. 273–290.
- Samavati M., Essam D., Nehring M., Sarker R. A new branching scheme for the open pit mine production scheduling problem. *45th International Conference on Computers and Industrial Engineering*. Metz, 2015. Vol. 1. pp. 504–511.

УДК 621.039.7:001.89

## НОВОЗЕМЕЛЬСКИЙ ПОЛИГОН\*



**С. Б. КАРАПЕТЯН,**  
главный инженер проекта, [karapetjan.s.b@vniipt.ru](mailto:karapetjan.s.b@vniipt.ru)  
АО «ВНИПИПромтехнологии», Москва, Россия

### Введение

В августе 1963 г. СССР, США и Великобритания заключили договор о запрещении ядерных испытаний в трех средах – в атмосфере, под водой и в космосе. Можно было проводить испытания только под землей.

Институт «ВНИПИПромтехнологии» был привлечен к работам на испытательном полигоне после подписания советско-американского соглашения о запрещении испытаний ядерных зарядов в атмосфере, под водой и в космосе и принятия решения о проведении только подземных испытаний. Для проектирования штолен на полигоне нужны были высококвалифицированные инженеры-проектировщики: горняки-подземщики, строители-тоннельщики и другие специалисты, связанные с горной тематикой. Для обоснования безопасности проводимых испытаний в институте была создана рабочая группа, в которую вошли специалисты по физике кинетических (быстропротекающих) процессов, горной физике, расчетчики прочности, горняки, специалисты по определению сейсмического воздействия взрыва. В задачи группы входила оценка расположения зарядов в плане и по глубине для

Приведена краткая информация об испытаниях, проводимых на Новоземельском полигоне. Рассказано о направлении испытаний в различные отрезки времени, о людях, которые обеспечивали реализацию поставленных задач.

**Ключевые слова:** подземные ядерные испытания, полигон, ядерные центры, головная проектная организация, уникальные технологии, неядерно-взрывные эксперименты, штольня-лаборатория, экологическая безопасность.

исключения их воздействия друг на друга и выхода радиоактивных газов на земную поверхность; механического действия взрыва на массив; расстановки в штольне элементов забивочного комплекса и их прочности; сейсмического воздействия взрыва на сооружения и массив вмещающих пород.

ВНИПИПромтехнологии был в первых рядах в части проектирования и осуществления подземных ядерных испытаний. Это подтверждает высказывание бывшего министра атомной промышленности академика В. Н. Михайлова в предисловии книги «Новоземельский полигон», где он при перечислении организаций, внесших наибольший вклад в создание новых типов ядерного оружия, институт «ВНИПИПромтехнологии» поставил на третье место после ядерных центров ВНИИЭФ и ВНИИТФ.

Еще задолго до заключения вышеупомянутого договора Советский Союз приступил к подготовке проведения подземных ядерных испытаний. На Новоземельском полигоне первые работы по поиску площадки для проведения подземных взрывов были начаты еще в 1959 г. Несколько ранее такие работы были

\* При подготовке статьи использованы архивные материалы АО «ВНИПИПромтехнологии».



**Новоземельский полигон**

проведены на Семипалатинском полигоне, где 11 октября 1961 г. был осуществлен первый в СССР подземный ядерный взрыв.

В период активной деятельности Новоземельского полигона с 21.09.1955 г. по 24.10.1990 г. на нем было произведено 130 испытаний ядерного оружия (88 атмосферных ядерных взрывов, 3 подводных и 39 подземных)\*\*.

### Проведение испытаний

Новоземельский полигон достаточно полно удовлетворял всем тем требованиям, которые необходимо было соблюдать при проведении сверхмощных термоядерных взрывов.

Трудно найти другое место, где крупные населенные пункты и жизненно важные коммуникации находились бы на таком большом удалении от опытных площадок. Среди других положительных сторон можно отметить следующие:

- полигон обеспечил возможность проведения ядерных испытаний в различных средах (на суше, под водой и в атмосфере) с минимальным воздействием вредных факторов на население;
- испытания на этом полигоне позволили изучить степень воздействия всех факторов различных видов ядерных взрывов на самые разнообразные системы вооружения и военную технику, в том числе на корабли, подводные лодки, причальные и фортификационные сооружения и т. п.;
- отчуждение значительной территории под ядерный полигон не оказало отрицательного влияния на хозяйственно-экономическую деятельность страны\*\*\*.

Проводимые по определенным технологиям подземные ядерные испытания представляли собой масштабную и во многом уникальную технологическую деятельность, которая опиралась на усилия многих коллективов различных министерств, входящих в них институтов и других организаций.

Основными «технологами» проводимых испытаний стали два ведущих в этой области коллектива: Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики им. академика Е. И. Забабахина (РФЯЦ–ВНИИТФ) и Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной



**Группа экспертов-проектировщиков института на объекте**

физики (РФЯЦ–ВНИИЭФ). Головной проектной организацией был определен Ведущий проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт промышленной технологии (ВНИПИпромтехнологии). Для подготовки фронта работ, необходимых для качественного проведения испытаний на полигоне, была создана Экспедиция № 2.

В целях соблюдения утвержденных сроков испытаний (протяженность штолен достигала 2–3 км) руководящими специалистами-горняками совместно с сотрудниками ВНИПИпромтехнологии были разработаны графики скоростных проходок. Установлен жесткий контроль за их соблюдением. В результате темпы проходки составили 150–220 м/мес готовой горной выработки. Такие темпы выдерживали из месяца в месяц до полной сдачи объекта. Даже сейчас на материке такие скорости проходки весьма редки.

После объявления моратория на ядерные испытания в Российской Федерации в 1990 г. и подписания Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (ДВЗЯИ) в 1994–1996 гг. испытания зарядов на безопасность в боевой комплектации были прекращены.

Во ВНИИЭФ и ВНИИТФ в 1992–1993 гг. были выдвинуты предложения о проведении испытаний макетов ядерных зарядов в «неоружейной» комплектации без ядерного энерговыделения. Такие испытания должны были подтвердить сохранение параметров безопасности прототипов в условиях изменяющихся технологий их воспроизводства. Кроме того, такие неядерно-взрывные эксперименты (НВЗ) имели бы целью подтверждение надежности работы прототипов на газодинамической стадии, предшествующей ядерной реакции. Подобные эксперименты уже проводили в США. Традиционно головной проектной организацией остался институт «ВНИПИпромтехнологии».

По выполненным институтом проектам на Новоземельском полигоне был построен комплекс подземных горных выработок с соответствующей инфраструктурой на поверхности, где ядерные центры могли проводить свои эксперименты.

И уже в 1995–1996 гг. на полигоне сотрудниками РФЯЦ–ВНИИТФ была проведена первая серия таких экспериментов с обязательным выполнением требований ДВЗЯИ, при этом вся выделявшаяся энергия была обусловлена только срабатыванием

\*\* Северный испытательный полигон. Справочная информация. Сер.: Ядерные взрывы в СССР / под ред. В. Н. Михайлова. – СПб., 1992. – 195 с.

\*\*\* Ядерные испытания СССР. Новоземельский полигон: обеспечение общей и радиационной безопасности ядерных испытаний / под ред. Н. П. Волошина, Г. Е. Золотухина, Г. А. Красилова, В. А. Логачева, А. М. Матущенко и др. – М.: ИздАТ, 2000. – 487 с.

взрывчатого вещества испытанного макета. Подобные работы были проведены на этом же полигоне сотрудниками ВНИИЭФ.

Один из основных принципов проведения неядерно-взрывных экспериментов на Новоземельском полигоне — это неукоснительное соблюдение требований экологической безопасности.

Экологическую безопасность таких экспериментов всегда обеспечивало, в том числе, грамотное проектирование, требующее большого профессионализма.

Начиная с 1998 г. в ядерных центрах были начаты работы по созданию нового объекта — Штольни-лаборатории (ШЛ) на базе штрека многоразового использования.

В 2006 г. на Новоземельский полигон вместе с сотрудниками ядерных центров была направлена группа авторского надзора в составе проектировщиков института «ВНИПИПромтехнологии», непосредственных разработчиков проектной документации по объекту. В их обязанности входило контроль за выполнением подготовительных работ по технологическому обустройству лабораторных помещений ШЛ, оценка их соответствия проекту. По окончании всех работ по созданию ШЛ и приемки экспертной комиссией объект Штольня-лаборатория был введен в эксплуатацию.

Штольня-лаборатория представляет собой единый комплекс подземных и наземных сооружений, предназначенных для

проведения НВЭ. Комплекс оснащен системами жизнеобеспечения (освещение, электроснабжение, вентиляция и т. д.), объектами многоразового использования, кабельными линиями, связью, рядом защитных сооружений и т. д. В результате выполненных работ достигнут высокий уровень надежности и безопасности проведения неядерно-взрывных экспериментов на полигоне, который удовлетворяет требованиям МАГАТЭ по обеспечению радиационной безопасности. Эксплуатация стационарного комплекса позволила сэкономить значительные денежные средства.

### Заключение

Создав такой стационарный комплекс, который является научно-техническим достижением мирового уровня, наша страна на два года опередила США в этой области. И немалая заслуга в этом принадлежит проектировщикам института «ВНИПИПромтехнологии», которые участвовали в создании этого проекта.

В трудных суровых природных условиях работы на Новоземельском полигоне в полной мере проявились лучшие качества участников работ — высокое чувство ответственности за порученное дело, гордость за причастность к решению проблем, связанных с обеспечением безопасности страны. **ГЖ**

УДК 622.841

## ПРОГНОЗ ГИДРОГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПОДРАБОТКЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ



**К. Н. ТРУБЕЦКОЙ,**  
член Президиума РАН, академик РАН



**Н. А. МИЛЕТЕНКО,**  
старший научный сотрудник, канд. техн. наук,  
nmilet@mail.ru

Институт проблем комплексного освоения недр  
им. академика Н. В. Мельникова РАН, Москва, Россия

### Введение

При добыче полезных ископаемых в зону влияния горных работ часто попадает большое число объектов, составляющих важные ресурсы горнодобывающих регионов. К этим ресурсам

*Оценено взаимодействие гидрогеологических и геомеханических процессов при подработке водных объектов в сложных горно-геологических условиях. Утверждается, что прогноз влияния этих процессов может осуществляться на основе дополняющих друг друга деформационного подхода и исследований на основе теории трещин.*

**Ключевые слова:** геомеханические процессы, напряженное состояние, водопроводящие трещины, деформационный подход, компьютерное моделирование, рекультивация.

**DOI:** 10.17580/gzh.2021.03.02

относятся реки, пахотные земли, инженерные сооружения, городские постройки, коммуникации, другие природные и искусственные объекты. Недостаточно обоснованная разработка месторождения нередко ведет к негативным экологическим и социальным последствиям, а также к убыткам, сопоставимым с экономической выгодой от разработки [1–7].

Вместе с тем разработка полезных ископаемых часто связана с негативным воздействием наземных и подземных вод на безопасность и технологию добычи [8–10]. К настоящему времени разработаны методики прогноза изменения гидрогеологической